



Dr HALLS DALLY

Contribution à l'étude du mécanisme de la respiration, envisagé surtout au point de vue de l'action de la colonne vertébrale et du diaphragme

Contribution à l'étude du mécanisme de la respiration, envisagé surtout au point de vue de l'action de la colonne vertébrale et du diaphragme [1]

Par le Dr **HALLS DALLY**, de Londres

En étudiant les changements que subissent les organes internes dans leur forme, leurs dimensions et leur situation, du fait de leur activité fonctionnelle, les anciens expérimentateurs ne sont arrivés, malgré leurs efforts, qu'à des résultats peu appréciables. Dans le cours des neuf dernières années, bien que les différents procédés d'exploration par les rayons X aient marqué un réel progrès dans l'état de nos connaissances des mouvements des viscères de l'abdomen et du thorax, ils n'ont cependant pas été d'une réelle utilité pratique, parce que ces rayons, étant divergents, amplifient considérablement l'ombre de l'objet qu'ils éclairent et ne permettent pas d'obtenir de cet objet une mesure exacte.

Dans la présente étude, les principaux résultats (2) ont été obtenus au moyen de l'orthodiagraphe de Groedel, que j'ai été le premier, à ma connaissance, à employer en Angleterre et dont j'ai déjà publié une description détaillée (3). Au moyen de cet instrument il est possible de mesurer, avec une précision presque mathématique, les objets immobiles situés dans un plan parallèle au plan vertical et transversal du corps du sujet examiné et de mesurer les corps mobiles avec une exactitude bien supérieure à celle obtenue par toute autre méthode.

(1) Extrait de la *Gazette hebd. des Sc. méd. de Bordeaux*, 31 janvier 1909.

(2) La plupart de ces résultats ont fait l'objet d'une publication préliminaire dans les *Proc. Roy. Soc.* B., vol. 80, 1908.

(3) *British medical Journal*, 14 septembre 1907, p. 651.

I. — *Résultats obtenus par la mesure orthodiagraphique des changements qui se produisent dans le tronc pendant une inspiration maxima.* — L'examen de 100 sujets sains, âgés de quinze à trente-cinq ans, a donné comme moyenne les résultats suivants :

1° Le cou se raccourcit de 10 millimètres et s'élargit de 9 millimètres du côté droit et de 7 millimètres du côté gauche.

2° Les épaules s'élèvent un peu plus du côté droit que du côté gauche, à raison de 16 millimètres à droite pour 14 millimètres à gauche.

3° Le présternum (manubrium) s'élève de 30 millimètres tout en se portant en avant de 14 millimètres.

4° Les clavicules sont portées à la fois en haut, en avant et en dehors. Leur extrémité interne s'élève de 28 millimètres pour la clavicule droite et de 27 millimètres pour la clavicule gauche. Leur extrémité externe s'élève de 21 millimètres à droite et de 16 millimètres à gauche. L'éloignement de la ligne médio-sternale est de 7 millimètres pour la clavicule droite, de 6 pour la gauche.

5° L'articulation méso-métasternale, correspondant à la base de l'appendice xiphoïde, peut rester dans le même plan horizontal ou bien s'élever jusqu'à 46 millimètres. La moyenne du mouvement ascensionnel est de 28 millimètres.

6° L'angle intercostal s'agrandit, l'intervalle entre les rebords costaux, mesuré de chaque côté à 30 millimètres au-dessous de l'articulation méso-métasternale, s'accroissant de 26 millimètres.

7° Le tronc s'élargit au niveau du plan méso-métasternal de 9 millimètres du côté droit et 8 millimètres du côté gauche et à mi-distance entre le plan méso-métasternal et la partie la plus basse du rebord costal, de 9 millimètres à droite et de 11 millimètres à gauche.

8° L'ombilic est rétracté et s'élève de 13 millimètres dans l'inspiration profonde par suite du retrait de la paroi abdominale, retrait dû à la contraction des

muscles abdominaux, qui, dans cette phase de la respiration, agissent comme antagonistes des muscles spinaux. Le déplacement en hauteur de l'ombilic se fait habituellement à droite, mais peut aussi se faire sur la ligne médiane ou à gauche, la déviation latérale atteignant en moyenne 7 millimètres.

9° Le cœur et le péricarde subissent aussi d'importants changements dans leur dimension et dans leur situation par suite des mouvements respiratoires, ils s'allongent et se rétrécissent dans l'inspiration, se raccourcissent et s'élargissent dans l'expiration.

10° Le péricarde au niveau de son insertion au centre phrénique mesure chez l'adulte 88 millimètres dans son diamètre antéro-postérieur.

II. — *Mouvement de la colonne vertébrale dans la respiration.* — Je n'ai trouvé aucune mention de ce mouvement dans huit des meilleurs traités de physiologie publiés récemment ; c'est l'examen visuel et orthodiagraphique qui permet de vérifier que ce mouvement existe et a un rôle mécanique important dans la respiration. Pour l'examen orthodiagraphique, le sujet est mû de 30° à 45° dans une position « latérale oblique » ; on observe alors que l'ombre de la colonne vertébrale est nettement séparée de celle du péricarde et des gros vaisseaux par un triangle translucide dont la base correspond à la face supérieure du diaphragme. Au moment de l'inspiration, le bord postérieur de ce triangle, formé par la colonne vertébrale, subit un recul plus marqué en bas qu'en haut et agrandit ainsi l'intervalle d'avant en arrière. Au moment de l'expiration, la colonne vertébrale représentant cet espace libre revient en avant.

Explication du mouvement respiratoire spinal. — Il se produit un redressement général de la courbe de la portion thoracique de la colonne vertébrale. Dans huit examens orthodiagraphiques d'adultes en bonne santé, nous avons obtenu, comme mesure moyenne du

mouvement en inspiration profonde, les résultats suivants :

Pour l'ouverture supérieure du thorax, au niveau de la 1re vertèbre dorsale, 6 millimètres.

A mi-distance entre l'ouverture supérieure du thorax et le plan du diaphragme, au niveau de la 5e vertèbre dorsale, 7 à 8 millimètres;

Au niveau de la partie postérieure du diaphragme ou de la 10e vertèbre dorsale, 9 millimètres.

Ces mensurations montrent qu'en moyenne la colonne vertébrale subit un plus grand déplacement dans la partie inférieure de sa courbe thoracique et que le redressement diminue de bas en haut. Les différences individuelles ne manquent pas cependant.

Ce redressement, qui se produit surtout dans cette portion de la colonne vertébrale où s'articulent les 6e, 7e, 8e et 9e côtes, paraît être le résultat du mouvement de poussée que subissent les côtes quand le sternum s'élève en haut et en avant par suite de la contraction des muscles cervicaux et thoraciques; un arc costal maximum vient ainsi remplacer l'arc costal plus faible qui existait auparavant : il s'ensuit un accroissement du diamètre antéro-postérieur du thorax. La colonne vertébrale, étant beaucoup plus limitée dans ses mouvements que le sternum par suite de ses nombreuses insertions, ne pourra exercer sur les côtes, qui ont pris une position moins oblique, qu'une fraction du mouvement du sternum. Vers la fin de l'inspiration, lorsque le mouvement du sternum a atteint sa limite dynamique, le restant de sa force déployée dans le cycle respiratoire se porte sur la colonne vertébrale, qui, par suite, dans la seconde moitié de l'inspiration, accuse une mobilité de plus en plus accentuée.

Dans la position latérale oblique, le mouvement apparent de la colonne vertébrale est de 6 à 9 millimètres : et le mouvement réel peut être facilement calculé au moyen d'une formule mathématique.

Importance du mouvement de la colonne vertébrale. —

L'élargissement antéro-postérieur de la cavité thoracique produite par l'extension simultanée des vertèbres dorsales dans la respiration profonde a une importance capitale sur l'aération des vésicules pulmonaires ; le mouvement en avant et en haut du thorax, combiné avec le mouvement en arrière de la colonne vertébrale, a en effet beaucoup plus d'action que le mouvement latéral pour provoquer le libre accès de l'air.

III. — *Dissemblance anatomique des deux moitiés du diaphragme* — Au point de vue anatomique, les deux moitiés du diaphragme diffèrent dans leurs dimensions et dans leur forme. La moitié droite est plus grande et plus forte, ayant à vaincre la résistance de la masse hépatique, tandis que l'estomac est beaucoup plus facilement comprimé par la moitié gauche.

Au point de vue fonctionnel, bien que ces deux moitiés du diaphragme soient de dimensions et de force inégales, par suite de la différence de résistance que chacune d'elles rencontre, leur rendement mécanique est sensiblement le même. S'il existe une différence, c'est généralement en faveur de la moitié droite.

IV. — *Moyens de suspension du diaphragme.* — Les moyens de suspension du diaphragme sont : *a*) supérieurs ou thoraciques, *b*) inférieurs ou abdominaux.

a) *Les moyens de suspension supérieurs* comprennent :

L'enveloppe épaisse et non élastique du péricarde, qui s'unit fortement à la face supérieure du diaphragme, se continuant en haut avec la gaine des gros vaisseaux, se rattachant elle-même aux enveloppes médianes de la partie antérieure du fascia cervicalis. Grâce à ce dernier, le diaphragme se trouve suspendu au crâne, à l'os hyoïde, au cartilage thyroïde, au sternum et aux clavicules. Le diaphragme est encore suspendu au sternum par les ligaments sterno-péricardiques supérieurs et inférieurs et à la colonne vertébrale par l'enveloppe

prévertébrable du fascia cervicalis qui se rattache sur la ligne médiane au ligament commun de la partie antérieure du diaphragme. Sur les côtés, celui-ci donne naissance aux bandes fibreuses fortes et divergentes qui descendent par la partie supérieure du médiastin antérieur, en avant du hile des poumons pour former, du côté du péricarde, les ligaments suspenseurs du diaphragme.

Le mouvement d'aspiration des poumons a aussi une certaine importance à cet égard.

La veine cave inférieure, dans sa traversée diaphragmatique à droite, est fortement fixée au centre phrénique et indirectement ainsi au pilier droit.

La paroi postérieure du péricarde unit la gaine de la veine cave inférieure latéralement à la gaine correspondante de la veine cave supérieure, qui, à son tour, se rattache au hile du poumon et, au-dessus de ce hile par l'aponévrose, à l'ouverture supérieure du thorax.

Grâce à ses ligaments supérieurs, le diaphragme se trouve ainsi suspendu au crâne, à l'épine dorsale, et au sternum et par l'aponévrose cervicale médiane à tous les autres points osseux situés à l'ouverture supérieure du thorax, qui peuvent donner naissance à ces ligaments.

b) *Les moyens de suspension inférieurs* comprennent :

1° Le foie et ses ligaments; 2° la veine cave inférieure qui est un support très solide; 3° l'estomac et les intestins (véritable coussin d'air) retenus eux-mêmes en place par (4°) la contraction des muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

V. — *Niveau du diaphragme.* 1° *Après la mort.* — La situation que le diaphragme occupe sur le cadavre est celle de l'expiration. Après avoir examiné 80 cadavres, j'ai constaté que le point culminant du dôme du diaphragme est situé en moyenne : à droite, au niveau du bord supérieur de la 5e côte sur la ligne — parallèle à

la ligne médio-sternale — passant par la moitié de la clavicule ; à gauche, toujours sur la ligne mi-claviculaire, au niveau du bord inférieur de la 5e côte. Ces constatations sont en concordance avec les résultats obtenus par la mesure orthodiagraphique sur des sujets bien portants ayant succombé à une mort subite.

2° *Pendant la vie.* — Par suite de la grande variété de points de repère adoptés dans la mesure des mouvements du diaphragme, j'ai choisi comme bases l'articulation méso-métasternale, c'est-à-dire l'union du corps du sternum et de l'appendice xiphoïde, et la ligne horizontale partant de ce point, autrement dit le plan méso-métasternal, comme plan auquel on peut ramener l'élévation et l'abaissement du diaphragme, toutes les mesures orthodiagraphiques de la situation des dômes et du centre phrénique au-dessus ou au-dessous de ce plan ont été exprimées en millimètres.

VI. — *Le mouvement du diaphragme et la mesure de son déplacement.* — Le déplacement du diaphragme entre l'inspiration et l'expiration profondes est, chez l'homme adulte, de 34 millimètres à droite, de 32 millimètres à gauche. Chez la femme, cette distance mesure 27 millimètres à droite et 25 millimètres à gauche, ce qui donne une moyenne de 30 millimètres de déplacement à droite, pour 28 millimètres à gauche.

Si ces chiffres sont inférieurs de moitié à ceux publiés jusqu'à ce jour, cela tient uniquement à ce que la méthode orthodiagraphique fournit des résultats beaucoup plus précis. Cette méthode a, en effet, l'avantage de donner pour chaque organe ses dimensions réelles et la mesure exacte de ses déplacements, ce qui était impossible autrefois, par suite de l'agrandissement inévitable de l'ombre des organes examinés.

Pour ce qui est de l'acte respiratoire ordinaire, l'erreur expérimentale dans l'estimation du mouvement de va-et-vient du diaphragme est relativement faible ; par suite du peu d'extension de ce mouvement chez

l'adulte, le diaphragme, pendant la respiration normale, se déplace chez l'homme de 16 millimètres à droite et de 14 millimètres à gauche et chez la femme de 9 millimètres à droite et de 10 millimètres à gauche, ce qui fait une moyenne totale de 12,5 millimètres pour le côté droit et de 12 millimètres pour le côté gauche. On voit, dans la respiration normale, que le déplacement du diaphragme est sensiblement le même des deux côtés.

Dans la respiration profonde, le déplacement est, en général, un peu plus prononcé à droite qu'à gauche. Or, c'est ce déplacement dans la respiration profonde dont il faut tenir le plus de compte dans le diagnostic.

VII. — *Le repli costo-diaphragmatique de la plèvre.* — Le feuillet pariétal de la plèvre peut, d'après ses rapports anatomiques, se diviser en portions costale, diaphragmatique et médiastine.

Les replis de la plèvre sont au nombre de trois :

1° Le repli péricardo-diaphragmatique.

2° Le repli péricardo-sternal.

3° Le repli costo-diaphragmatique.

1° *Le repli péricardo-diaphragmatique* est peu profond, formé par la jonction du péricarde et du diaphragme et contient des franges de tissu adipeux.

2° *Le repli péricardo-sternal* constitue la languette pleurale antérieure.

3° *Le repli costo-diaphragmatique* doit être examiné plus en détail, car il facilite considérablement les mouvements du diaphragme. Il est constitué par la réunion des portions costale et diaphragmatique de la plèvre ; commençant au bord inférieur de la 6e côte pour se terminer au niveau du sternum, il se dirige en bas et en dehors pour atteindre la partie latérale de la colonne vertébrale, au niveau du bord inférieur de la 12e vertèbre dorsale. Elle est séparée de la plèvre du côté opposé par le médiastin postérieur. Pratiquement, la limite supérieure de cette portion de la cavité pleurale est constituée par le poumon : à ce niveau,

par suite du frottement des deux feuillets pleuraux, une ligne de démarcation indistincte chez les jeunes, mais plus marquée à mesure que le sujet avance en âge, apparaît graduellement et devient très nette chez l'adulte.

S'il existe des traces de pleurésie ancienne ou récente, assez fréquemment une bordure bien nette de tissu inflammatoire organisé, concave à sa partie supérieure, délimitera le bord inférieur du poumon, formant une rainure dans laquelle le poumon s'adapte exactement. Le bord inférieur de cette rainure présente des festons en rapport avec les espaces intercostaux. Pendant l'expiration, il y a, au niveau du milieu de la ligne axillaire, un intervalle de 7 à 9 millimètres entre le bord inférieur du poumon et l'extrémité du repli pleural et, dans l'inspiration normale, le bord inférieur du poumon descend de 4 centimètres au moins. Après examen de 208 sujets, hommes et femmes, âgés de dix-huit à cinquante-six ans, morts d'accidents ou de maladies n'intéressant point les poumons, j'ai constaté que la profondeur moyenne du repli costo-phrénique, mesurée du bord inférieur du poumon à l'extrême limite de la cavité pleurale sur la ligne axillaire médiane, était à droite de 8 cent. 62 et à gauche de 8 cent. 34. La plus grande excursion obtenue chez ces 20 sujets était de 11 centimètres à droite (pour 8 centimètres à gauche) et la plus faible 5 centimètres à gauche (pour 6 centimètres à droite). Chez une petite fille de trois mois, la profondeur du même repli était de 1 cent. 5 à droite pour 1,4 à gauche.

Rôle du repli costo-diaphragmatique de la plèvre. — Les deux feuillets séreux qui constituent ce repli restent en contact sur une surface qui varie en étendue dans l'inspiration et dans l'expiration : ils ne sont écartés l'un de l'autre que lorsque le bord inférieur du poumon, au moment de l'inspiration, descend pour s'insinuer entre eux. Lorsque le poumon se retire, les feuillets reviennent au contact. La plèvre diaphragma-

tique, grâce à son élasticité, s'adapte à la contraction des fibres musculaires du diaphragme et sa surface lisse lui permet de glisser aisément sur la paroi costale, qui est fixée de telle sorte qu'elle ne peut se déplacer. Grâce à la pression négative dans la cavité pleurale, mais positive dans la cavité abdominale, grâce aussi à la cohésion parfaite entre les deux feuillets pleuraux, la plèvre a suffisamment de force pour maintenir le diaphragme contre la paroi thoracique et, de plus, elle fournit encore un précieux auxiliaire mécanique à ce même diaphragme, puisqu'elle représente pour lui l'arc grâce auquel un muscle agit pour changer la direction de sa ligne de force.

[1] Un travail plus complet sur ce sujet, avec 11 figures et 4 planches, a paru sous le titre suivant : An enquiry into the physiological mechanism of respiration with especial reference to the movements of the vertebral column and diaphragm, dans le *Journal of anatomy and physiology*, vol. XLIII, octobre 1908.

Imprimerie Moderne, 8, rue Paul-Bert. — Bordeaux.